

Teoria e Fenomenologia delle Interazioni Fondamentali

Emanuele Re

10/06/2024

Tempo a disposizione: 3 ore.

Scrivere in modo chiaro e leggibile. Si consiglia di fare i calcoli prima in brutta copia e di riportarli solo successivamente in bella copia. In bella copia devono comunque comparire sia i passaggi di calcolo non banali sia, dove opportuno, brevi commenti su proprietà o considerazioni che si stanno usando da uno step al successivo.

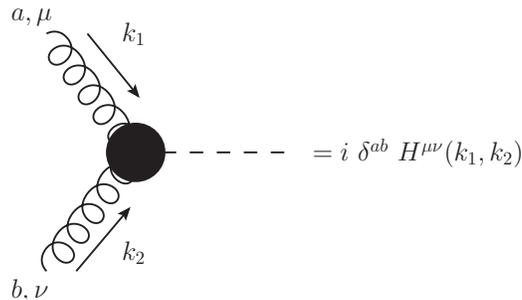
Problema 1

Calcolare la larghezza di decadimento di una ipotetica particella pseudoscalare A (massa m_A) in una coppia di fermioni massivi (massa m_f). Si dettagli anche il calcolo dello spazio delle fasi.

$$\text{coupling } Af\bar{f} : +\frac{m_f}{v}\gamma_5$$

Problema 2

Nel limite di top quark infinitamente massivo, si può definire un vertice effettivo Hgg tra 2 gluoni e un bosone di Higgs come segue:



con

$$H^{\mu\nu}(k_1, k_2) = A [g^{\mu\nu}(k_1 \cdot k_2) - k_1^\nu k_2^\mu],$$

dove $A = \alpha_s/(3\pi v)$ e v è il vacuum expectation value del campo di Higgs: $\frac{1}{v^2} = \frac{G_F}{\sqrt{2}}$.

- Perché il vertice Hgg contiene la costante di accoppiamento forte $\alpha_s = g_s^2/(4\pi)$?
- Calcolare la larghezza di decadimento per il processo $H \rightarrow gg$, usando il vertice effettivo Hgg (si può riciclare lo spazio fasi ottenuto per il problema precedente).

Problema 3

- Si calcoli (assumendo quark massless) l'ampiezza del processo

$$u(p_1)\bar{d}(p_2) \rightarrow W^+(p_3)\gamma(p_4)$$

e si verifichi che tale ampiezza e' gauge-invariante in QED (ovvero si verifichi che facendo la sostituzione $\epsilon_4 \rightarrow p_4$, l'ampiezza appena calcolata si annulla).

- Si discuta se la sezione d'urto differenziale per il processo di cui sopra,

$$u(p_1)\bar{d}(p_2) \rightarrow W^+(p_3)\gamma(p_4)$$

e' finita quando integrata su tutto lo spazio delle fasi, e se opportuno si discutano le eventuali singolarita' presenti.

Problema 4

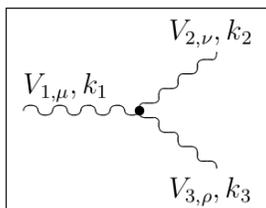
Il branching ratio per il decadimento $t \rightarrow b + \nu + e^+$, cioe'

$$Br(t \rightarrow b\nu e^+) = \frac{\Gamma(t \rightarrow b\nu e^+)}{\Gamma_t^{total}}$$

vale circa 1/9. Perche'? (non si facciano approssimazioni sulle entries della matrice CKM, eccetto $|V_{tb}| \simeq 1$)

Formule utili:

- vertice QED: $-ieQ_f\gamma^\mu$
- vertice AW^+W^- :



$$= -ieC [g_{\mu\nu}(k_2 - k_1)_\rho + g_{\nu\rho}(k_3 - k_2)_\mu + g_{\rho\mu}(k_1 - k_3)_\nu]$$

dove per vertice con un fotone $C = 1$. I momenti sono tutti entranti.

- γ matrices:

$$\text{Tr}(\gamma^\mu\gamma^\nu\gamma^\rho\gamma^\sigma\gamma_5) = -4i\epsilon^{\mu\nu\rho\sigma}$$

$$\epsilon^{\mu\nu\rho\sigma}\epsilon_{\mu\nu}{}^{\alpha\beta} = -2(g^{\rho\alpha}g^{\sigma\beta} - g^{\rho\beta}g^{\sigma\alpha})$$